

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-254861

(43)Date of publication of application : 03.10.1995

(51)Int.Cl.

H03M 13/12
H04L 1/00
H04L 27/00

(21)Application number : 06-045786

(71)Applicant : N T T IDOU TSUUSHINMOU KK

(22)Date of filing : 16.03.1994

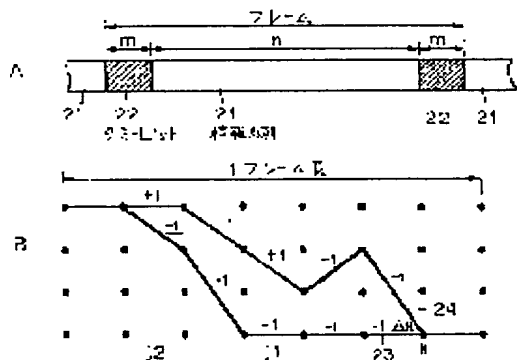
(72)Inventor : TAGUCHI TSUTOMU
MATSUMOTO TADASHI

(54) VITERBI DECODING METHOD AND CONVOLUTIONAL CODE ENCODING AND TRANSMISSION METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To correctly obtain reliability information on each decoded symbol.

CONSTITUTION: On the transmission side, an information sequence 21 is divided, and dummy bits 22 of a fixed pattern are inserted to transmit it; and on the reception side, a code trellis is terminated by the dummy bit 22, (always \$1 in this example) in the end of each frame, and thereafter, the Viterbi algorithm is executed to determine the only surviving path 23. A difference Δk between both path metrics of a counter path 24 merged at each point (k) of time on the path 23 is calculated, and reliability information corresponding to the information symbol on the path 23 at the point of time when mutual information symbols are different before merging of the path 24 with the path 23 after diverging of the path 24 from the path 23 is updated.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] An input sign sequence is decoded with a VITABI algorithm on a sign trellis. Pass metric difference ΔL_k of the pass of a pair which survives from each condition at a certain time on the above-mentioned sign trellis, and is merged by k at each [on pass] time is calculated. The time of the mutual information symbols on a pass branch differing after the pass of a top Norikazu pair carries out a die barge, respectively until it merges j . It is the reliability information L_j corresponding to the above-mentioned information symbol on the pass of the large (probable) way in pass metric of the pass of a top Norikazu pair $L_j = \min(L_j, \alpha \Delta L_k)$ from initial value L_j α : It updates by the constant. In the VITABI decode approach which outputs final L_j with the information symbol as the above-mentioned reliability information corresponding to the information symbol The VITABI decode approach characterized by performing renewal of the above-mentioned reliability information L_j , and the output of the above-mentioned information symbol and its reliability information only about the only survival pass which carried out termination of the above-mentioned sign trellis.

[Claim 2] An input sign sequence is decoded with a VITABI algorithm on a sign trellis. Pass metric difference ΔL_k of the pass of a pair which survives from each condition at a certain time on the above-mentioned sign trellis, and is merged by k at each [on pass] time is calculated. The time of the mutual information symbols on a pass branch differing after the pass of a top Norikazu pair carries out a die barge, respectively until it merges j . It is the reliability information L_j corresponding to the above-mentioned information symbol on the pass of the large (probable) way in pass metric of the pass of a top Norikazu pair $L_j = \min(L_j, \alpha \Delta L_k)$ from initial value L_j α : It updates by the constant. In the VITABI decode approach which outputs final L_j with the information symbol as the above-mentioned reliability information corresponding to the information symbol The VITABI decode approach characterized by performing renewal of the above-mentioned reliability information L_j , and the output of the above-mentioned information symbol and its reliability information only about the pass metric largest survival pass among each survival pass by k at above-mentioned each time.

[Claim 3] Divide an information sequence every n bits by the transmitting side, and the dummy bit of a m bits ($m < n$, m : more than the pass memory length of a receiving side) fixed pattern is inserted. Convolutional-code-ize the information sequence in which the dummy bit was inserted, and it transmits. A receiving sequence is decoded with a VITABI algorithm on the trellis which carried out termination of the sign trellis by the receiving side. In the case of the decode, pass metric difference ΔL_k with each [of the only survival pass on the above-mentioned sign trellis] confrontation pass merged by k at the time is calculated. the above-mentioned survival pass and the account of a top -- after the confrontation pass carries out a die barge, respectively until it merges The reliability information L_j corresponding to the information symbol on the survival pass in j the time of the mutual information symbols on a pass branch differing from initial value L_j $L_j = \min(L_j, \alpha \Delta L_k)$ α : The convolutional code-ized transmission approach characterized by updating by the constant and outputting final L_j with the information symbol as reliability information corresponding to the information symbol.

[Translation done.]

IPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] In case this invention decodes an error correcting code using a VITABI algorithm, it relates to the decode approach which outputs the reliability information corresponding to it to coincidence with the decode result for every bit. Performing an improvement of the error rate property by carrying out the soft decision decode of the outside sign using the reliability information outputted in the decode process of an inner sign or the selection control in a selection diversity with reference to reliability information in the error correction by the concatenated code (Concatenated Code) as concrete application etc. is mentioned.

[0002]

[Description of the Prior Art] For example, in the system configuration shown in drawing 5 A, the information sequence 2 which should be transmitted by the transmitting side 1 is encoded with the primary error correcting code vessel 3 (it collapses and encodes). The outside sign which encoded the coding sequence 4 (outside sign) again with the secondary error correcting code vessel 5 (it collapses and encodes), transmitted the coding sequence 6 (inner sign), performed the decode by the VITABI decoder 8 of the inner sign 6 by the receiving side 7, and was decoded after that, The decode by the VITABI decoder 10 of the outside sign 9 is performed, and the decode result 11 is outputted. A decryption of such a concatenated code is considered. Since explanation is easy, a coding sequence is made into a binary sequence. The way of the approach (soft decision decode) of calculating branch metric with the Euclidean distance of a receiving symbol and a sign symbol, and generally performing maximum likelihood decoding in performing the decode by the VITABI algorithm Rather than the approach (hard decision decode) of decoding, after carrying out the discernment judging of the receiving sequence [S.Lin and D.J.Costello, Jr., "Error Control Coding: Fundamentals and by which it is known that an error rate property will become good in 2 to about 3dB Applications" (328 Prentice-Hall, pp.322- 1983) reference]. However, in the receiving side 7 of drawing 5 A, the VITABI decoder 8 of the inner sign 6 outputs only a binary decode sequence. For this reason, the VITABI decoder 10 of the outside sign 9 which considers this as an input will perform hard decision decode, and the gain by soft decision decode will be acquired.

[0003] On the other hand, J.Hagenauer and P.Hoeher In case an inner sign is decoded, the reliability information for every symbol corresponding to a decode sequence is computed by using the a-posteriori probability of a receiving symbol. This and a decode sequence it uses. Soft decision decode of an outside sign Carrying out Proposed [J.Hagenauer and P.Hoeher, "A Viterbi Algorithm with Soft-Decision Outputs and its Applications", IEEE GCOM, No.47.1.1, 1989(reference 1)]. In addition to the binary decode sequence 9, the decode equipment configuration outputs the reliability information 13 corresponding to it from the VITABI decoder 12 which decodes the inner sign 6, as shown in drawing 5 B. In addition to the algorithm which performs the conventional VITABI decode, the reliability information 13 is generated by the following repetitive algorithm.

[0004] It sets in the condition S_k ($0 \leq S_k \leq 2p-1$, p: restricted length of a sign) in k at the time on a sign trellis. i) The initial value of a sufficiently big value to the storage ii reliability information L_k (S_k) for the both pass metric difference delta of two pass merged into S_k between $j=k-\text{delta}$ (delta: pass memory length), from substitution $i+j=k-p$ When the information symbols in j ($e=1, 2, \dots$) differ mutually at the time of two pass (survival pass and confrontation pass) merged by S_k , They are $L_j = \min(L_j, \alpha)$ and α : constant (decided by the maximum distance between signs, and S/N of a transmission line) about the reliability information L_j corresponding to the information symbol on survival pass.

The example of an output sign trellis is shown for the reliability information L_j corresponding to a decode sequence and it at ($C = \min(a, b)$) sets the smaller one to C among a and b) in drawing 5 C from updating iv pass memory. In drawing 5 B, with the VITABI decoder 14 of an outside sign, symbol metric (branch metric) is calculated by applying the sign symbol on a sign trellis to the product of the decode sequence 9 and the reliability information 13 corresponding to it, the decode by the usual VITABI algorithm is performed, and the decode result 15 is outputted. For example, the pass 16 and 17 of a continuous line merges into Condition S_k in drawing 5 C. A die barge is carried out by condition S_{k-5} of 5. both these pass 16 and 17 -- a time -- k- Information symbols differ mutually by k-5 and k-3 at the time of these pass 16 and 17, it survives by k-5 and k-3 at these times, and reliability information L_j corresponding to the information symbol on pass (in this example, it considers as pass 16) is updated as mentioned above. In addition, "+1" attached along with each pass and "-1" show the information symbol in the time.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] With the above-mentioned algorithm, in order [each] to calculate delta in the state of S_k and to update the reliability information L_j , by however, drawing 5 C Each pass metric of two pass 18 and 19 shown by the dotted line merged into condition S_k It compares [both] with each pass metric of the pass 16 and 17 merged by other condition S'_k of k when the same, and is small (that pass metric is small). Possibility that

the 'pass is right pass on a sign trellis means a low thing. And the difference delta' is on pass metric high pass (on the pass 16 of drawing 5 C), when small. Originally the reliability information corresponding to the information symbol (underline) which must be probable will be updated by delta' with a bad probability, and there is a fault that possibility of not reflecting actual reliability comes out.

[0006] The above is not restricted to use of the reliability information acquired in the decode process of an inner sign at decode of an outside sign, although the concatenated code has been explained to an example. For example, in mobile communication, in case selection diversity reception is performed, the use gestalt of referring to the reliability information Lj for the selection control of each reception decode about two or more of the propagation paths is also considered. In this case, it becomes important whether reliability information is reflecting the reliability of a decode result correctly. As mentioned above, by the conventional technique, there is a fault that possibility of not reflecting reliability of a decode result correctly comes out.

[0007] In case the purpose of this invention collapses and searches for the reliability information corresponding to a decode result in the decode process by the VITABI algorithm of a sign, they are two pass merged into a certain condition on a sign trellis. Pass metric solves the problem of updating the reliability information corresponding to an information symbol by delta calculated by the respectively low pass comrade with the small difference, and offers the decode approach which outputs the reliability information which reflected a decode sequence and its reliability correctly.

[0008]

[Means for Solving the Problem] According to invention of claim 1, it performs outputting renewal of reliability information, and an information symbol and its reliability information only about the only survival pass which carried out termination of the sign trellis. According to invention of claim 2, it performs outputting renewal of reliability information, and an information symbol and its reliability information only about the pass metric largest survival pass under each survival pass at each time.

[0009] The information sequence in which the information sequence was classified every n bits by the transmitting side according to invention of claim 3, the dummy bit of a m bits ($m < n$, m: more than the pass memory length of a receiving side) fixed pattern was inserted in, and the dummy bit was inserted is convolutional-code-ized, and it transmits, and decodes by invention of claim 1 by the receiving side.

[0010]

[Example] The example of invention of claim 1 is explained with reference to drawing 1. In this invention, reliability information is updated only about the only survival pass which carried out termination of the sign trellis. Thus, in order to obtain rightly the only survival pass which carried out termination, as shown in drawing 1 A, the dummy bit 22 of the fixed pattern (for example, wholly -1) of die-length m is inserted at suitable spacing to the transmit information sequence 21 of a transmitting side. It carries out whether the code length m of the dummy bit 22 is equal to the die length of the pass memory in the decoder of a receiving side from this. although die-length n of the information sequence 21 between the contiguity dummy bits 22 considers as size from m, since only m+n is in decode, when it considers as size not much, it may pose a problem -- on the other hand, if n is made into smallness, transmission efficiency will worsen.

[0011] Reliability information is updated about the pass, using the one larger [pass / of the pass which reached the condition since the condition that termination should have been carried out even when the condition the sign trellis carried out / the condition / termination by the dummy bit 22 by the receiving side of there having been many transmission errors although it survived and pass was used, and having carried out termination temporarily differs from it of the dummy bit 22 was found beforehand / metric] as only survival pass.

[0012] For example, as shown on a sign trellis at drawing 1 B, the only survival pass is determined by carrying out termination of the sign trellis and performing a VITABI algorithm on this by the dummy bit 22 of that back end section, for each [consist of an information bit 21 n bits each and a dummy bit 22 before and behind that] frame of every. Pass metric difference deltak of the pass 23 in k is calculated next at the time with pass metric of each [on this survival pass 23] confrontation pass 24 merged by k at the time. And it is the reliability information Lj corresponding to the information symbol on the pass 23 in je ($e = 1, 2, \dots$) the time of the mutual information symbols on a pass branch differing after pass 24 carries out a die barge from pass 23 until it merges from the suitable initial value L_j $L_j = \min(L_j, \alpha \text{deltak})$ alpha: Update by the constant. It carries out about all k in a frame repeatedly [this], and final Lj is outputted as reliability information on the information symbol corresponding to it. For example, when decoding a sign outside a concatenated code, soft decision decode can be performed using a decode result and the reliability information corresponding to it.

[0013] namely, the metric computer [in / as shown in drawing 2 / the usual VITABI decoder] 26 -- branch metric on a sign trellis -- 27 is calculated and outputted. pass metric remembered to be this branch metric 27 by the pass memory 28 -- selection of the survival pass in each condition and the output of the information symbol 31 carry out in the ACS (Add-Compare-Select) circuit 32 using 29. This outputted information symbol 29 goes into the pass memory (since termination of the sign trellis is carried out and it is used, pass memory length is frame length of an inner sign) 28, and memorizes the survival pass of each condition, an information symbol, the pass to merge, and each pass metric. And when it comes to the end of the frame of a sign sequence, the pass metric difference delta with each [on the only survival pass] confrontation pass in a time is computed, and reliability information is updated and memorized. After [this] finishing repeatedly, the reliability information 34 corresponding to the decode sequence 33 for one frame and it is outputted. Branch metric is calculated by being by metric computer 35 for outside signs with the sign symbol on the reliability information 34 corresponding to the decode sequence 33 and it, and a sign trellis, and the ACS circuit 36 and the pass memory 37 perform the decode by the VITABI algorithm.

[0014] Next, the example of invention of claim 2 is explained. In invention of claim 2, the sign trellis which carried out termination is not used and transmission of the dummy bit 22 is not needed [therefore]. In this invention, the pass metric largest survival pass is chosen among each survival pass in pass memory. for example, it is shown in drawing 3

A as -- a time -- k -- Condition Sk -- pass 41 and 42 -- merging -- condition S'k -- pass 43 and 44 -- merging -- **** -- although -- the -- each -- since the pass 41 is larger, pass metric which corresponds with the survival pass 41 and 44 chooses only this pass 41. Pass metric difference Δk of the pass 41 in k is calculated next at the time with pass metric of each [on this survival pass 41] confrontation pass 42 merged by k at the time. And it is reliability information L'_j corresponding to the information symbol on the pass 41 in j_e ($e=1, 2, \dots$) the time of the mutual information symbols on a pass branch differing after pass 42 carries out a die barge from 41 until it merges Suitable $L'_j = \min(L'_j, \alpha \Delta k)$ from initial value L'_j alpha: Update by the constant. It carries out about all k in pass memory repeatedly [this], and L'_j corresponding to the information symbol outputted from pass memory is outputted as reliability information corresponding to an information symbol. For example, when decoding a sign outside a concatenated code, soft decision decode can be performed using a decode result and the reliability information corresponding to it.

[0015] Namely, so that the same sign may be attached with drawing 2 at the part corresponding to drawing 3 B and it may be shown, for example branch metric calculated by metric computer 26 in the ACS circuit 45 -- with 27 Selection [use 29 and] pass metric from the pass memory 40 -- the survival pass in each condition The pass metric difference Δ of survival pass with maximum pass metric and the confrontation pass merged into it is computed, and the state number 47 with the information symbols 31 and Δ 46 and maximum pass metric is outputted to the pass memory 40. By the pass memory (pass memory length is die length sufficient when the survival pass of each condition goes back in the old direction in time for all pass to merge, and about 5 to 6 times of restricted length are usually used) 40, the survival pass of each condition, an information symbol, and pass metric are memorized, Δ is used, and reliability information is updated and memorized. And the reliability information 34 corresponding to the decode sequence 33 and it is outputted. Branch metric is calculated by being with the sign symbol on the reliability information 34 corresponding to the decode sequence 33 and it, and a sign trellis by metric computer 35 for outside signs, and the ACS circuit 36 and the pass memory 37 perform the decode by the VITABI algorithm.

[0016]

[Effect of the Invention] Since Δ is calculated only about the only survival pass (it moreover merges into a known condition) which carried out termination on the sign trellis according to invention of claim 1 as stated above, and reliability information is updated, there is no possibility that reliability information may be updated by Δ by which pass metric is low, that is, possibility of being right pass was calculated with low pass.

[0017] In order that pass metric under each pass merged at the time may update reliability information only about the greatest survival pass similarly according to invention of claim 2, there is no possibility that reliability information may be updated by Δ calculated with pass metric low pass. The error rate property after decoding a concatenated code by simulation using each invention approach of claims 1 and 2 is shown in the curves 51 and 52 of drawing 4, respectively. Moreover, curves 53 and 54 are shown by considering the error rate property after hard decision decode, and the error rate property after the decode by the technique shown in said reference 1 as reference, respectively. An axis of abscissa and an axis of ordinate are an error rate after inner sign decode, and an error rate after outside sign decode, respectively, and both 1/2 and restricted length of both set the coding rate of an inner sign and an outside sign to 7. The interleave was used in order to randomize the error in an inner sign decoder output sequence. The size was set to 40x32. This simulation result shows that the error rate property has improved greatly compared with the time of performing hard decision decode by performing the decode by invention of claims 1 and 2 (an error rate is about single figure by decode of about double figures and claim 2 at decode of claim 1). Even if it performs the decode by the technique of HAGENAU and others to it, the improvements to hard decision decode are very few.

[0018] This invention is applicable not only to when carrying out the soft decision decode of the outside sign using the reliability information outputted in the decode process of the inner sign in the error correction by the concatenated code but the diversity reception and others which carry out the error correction decode of the reception decode of two or more propagation paths, and choose that decode result using reliability information. Although the information sequence was divided in drawing 1 A, a dummy bit may be added only to the last of a transmit information sequence.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-254861

(43) 公開日 平成7年(1995)10月3日

技術表示箇所

(51) Int.Cl.⁶

H 0 3 M 13/12

H 0 4 L 1/00

27/00

識別記号

庁内整理番号

8730-5 J

F I

F

9297-5 K

H 0 4 L 27/ 00

B

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平6-45786

(22) 出願日

平成6年(1994)3月16日

(71) 出願人 392026693

エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社
東京都港区虎ノ門二丁目10番1号

(72) 発明者 太口 努

東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 エヌ・
ティ・ティ移動通信網株式会社内

(72) 発明者 松本 正

東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 エヌ・
ティ・ティ移動通信網株式会社内

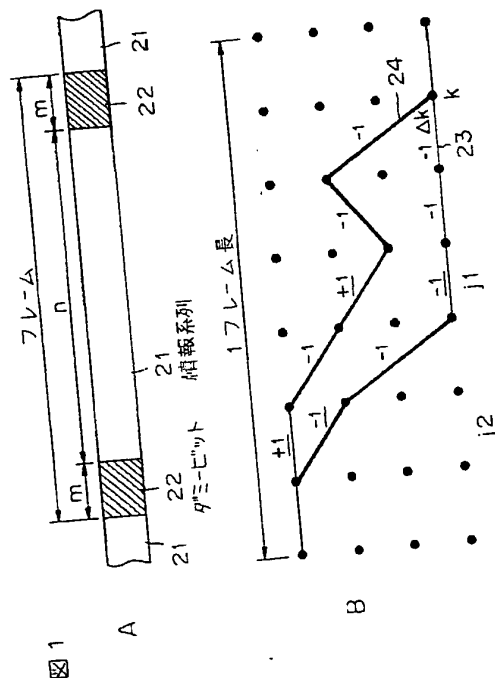
(74) 代理人 弁理士 草野 卓 (外1名)

(54) 【発明の名称】 ヴィタビ復号方法及び畳み込み符号化伝送方法

(57) 【要約】

【目的】 各復号シンボルについて正しく信頼度情報を
得る。

【構成】 送信側で情報系列 21 を分割し、固定パターンのダミービット 22 を挿入して送出し、受信側で各フレームの終りのダミービット 22 (この例ではすべて 1) によって符号トレリスを終端し、その上でヴィタビアルゴリズムを実行し、唯一の生き残りパス 23 を決定する。そのパス 23 上の各時点 k でマージする対向パス 24 の両パスメトリックの差 Δk を計算し、パス 24 がパス 23 からダイバージしてからマージするまでの間で互いの情報シンボルが異なる時点でのパス 23 上の情報シンボルに対応した信頼度情報を更新していく。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力符号系列を、符号トレリス上でヴィタビアルゴリズムにより復号し、
 上記符号トレリス上のある時点における各状態から生き残りパス上の各時点 k でマージする一対のパスのパスメトリックの差 Δk を計算し、
 上記一対のパスがそれぞれダイバージしてからマージするまでの間でパスブランチ上の互いの情報シンボルが異なる時点 j での、上記一対のパスのパスメトリック中の大きい（確からしい）方のパス上の上記情報シンボルに対応した信頼度情報 L_j を、初期値 L_j から、

$$L_j = \min(L_j, \alpha \Delta k), \quad \alpha: \text{定数}$$
 により更新して、最終的な L_j をその情報シンボルに対応した上記信頼度情報としてその情報シンボルとともに出力するヴィタビ復号方法において、
 上記符号トレリスを終端した唯一の生き残りパスのみについて、上記信頼度情報 L_j の更新、上記情報シンボルとその信頼度情報の出力を実行することを特徴とするヴィタビ復号方法。

【請求項 2】 入力符号系列を、符号トレリス上でヴィタビアルゴリズムにより復号し、
 上記符号トレリス上のある時点における各状態から生き残りパス上の各時点 k でマージする一対のパスのパスメトリックの差 Δk を計算し、
 上記一対のパスがそれぞれダイバージしてからマージするまでの間でパスブランチ上の互いの情報シンボルが異なる時点 j での、上記一対のパスのパスメトリック中の大きい（確からしい）方のパス上の上記情報シンボルに対応した信頼度情報 L_j を、初期値 L_j から、

$$L_j = \min(L_j, \alpha \Delta k), \quad \alpha: \text{定数}$$
 により更新して、最終的な L_j をその情報シンボルに対応した上記信頼度情報としてその情報シンボルとともに出力するヴィタビ復号方法において、
 上記各時点 k で各生き残りパスのうちパスメトリックの最も大きい生き残りパスについてのみ、上記信頼度情報 L_j の更新、上記情報シンボルとその信頼度情報の出力を実行することを特徴とするヴィタビ復号方法。

【請求項 3】 送信側で情報系列を n ビットごとに分割して、 m ビット ($m < n$, m : 受信側のバスメモリ長以上) の固定パターンのダミービットを挿入し、
 そのダミービットが挿入された情報系列を畳み込み符号化して送信し、
 受信側で受信系列を、符号トレリスを終端したトレリス上でヴィタビアルゴリズムにより復号し、
 その復号の際に、上記符号トレリス上の唯一の生き残りパスの各時点 k でマージする対抗パスとのパスメトリックの差 Δk を計算し、
 上記生き残りパスと上記その対抗パスがそれぞれダイバージしてからマージするまでの間で、パスブランチ上の互いの情報シンボルが異なる時点 j でのその生き残りパ

ス上のその情報シンボルに対応した信頼度情報 L_j を初期値 L_j から、

$$L_j = \min(L_j, \alpha \Delta k), \quad \alpha: \text{定数}$$
 により更新していき、最終的な L_j をその情報シンボルに対応した信頼度情報として、その情報シンボルとともに出力することを特徴とする畳み込み符号化伝送方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、誤り訂正符号をヴィタビアルゴリズムを用いて復号する際に、ビット毎の復号結果とともにそれに対応した信頼度情報を同時に出力する復号方法に関するものである。具体的応用としては、連接符号 (Concatenated Code) による誤り訂正において、内符号の復号過程で出力される信頼度情報を用いて外符号を軟判定復号することによる誤り率特性の改善、あるいは、選択ダイバーシティにおける選択制御を信頼度情報を参照して行う、などが挙げられる。

【0002】

【従来の技術】例えば図 5 A に示すシステム構成において、送信側 1 で送信すべき情報系列 2 を 1 次誤り訂正符号器 3 で符号化（たたみ込み符号化）し、その符号化系列 4（外符号）を、2 次誤り訂正符号器 5 で再度符号化（たたみ込み符号化）してその符号化系列 6（内符号）を送信し、受信側 7 で内符号 6 のヴィタビ復号器 8 による復号を行い、その後復号された外符号と、外符号 9 のヴィタビ復号器 10 による復号を行い、復号結果 11 を出力する。このような連接符号の復号化を考える。説明の簡単のために、符号化系列は 2 値系列とする。一般に、ヴィタビアルゴリズムによる復号を行う場合には、受信シンボルと符号シンボルとのユークリッド距離によりブランチメトリックを計算して最尤復号を行う方法（軟判定復号）のほうが、受信系列を識別判定してから復号を行う方法（硬判定復号）よりも、誤り率特性が 2 dB から 3 dB 程良くなることが知られている [S. Lin and D. J. Costello, Jr., "Error Control Coding: Fundamentals and Applications" (Prentice-Hall, pp. 322~328, 1983) 参照]。しかし図 5 A の受信側 7 では、内符号 6 のヴィタビ復号器 8 は 2 値の復号系列のみを出力する。このため、これを入力とする外符号 9 のヴィタビ復号器 10 は硬判定復号を行うことになり、軟判定復号による利得が得られないことになる。

【0003】これに対して J. Hagenauer と P. Hoeher は、内符号の復号を行う際に、受信シンボルの事後確率を用いて復号系列に対応したシンボル毎の信頼度情報を算出し、これと復号系列を用いて外符号の軟判定復号を行うことを提案している [J. Hagenauer and P. Hoeher, "A Vi

terbi Algorithm with Soft-Decision Outputs and its Applications", IEEE GCOM, No. 47, 1, 1, 1989 (文献1)]。その復号装置構成は図5Bに示すように、内符号6を復号するヴィタビ復号器12から、2値の復号系列9に加えてそれに対応した信頼度情報13を出力する。従来のヴィタビ復号を行うアルゴリズムに加えて、信頼度情報13は次の反復アルゴリズムにより生成される。

【0004】符号トレリス上の時点 k での状態 S_k ($0 \leq S_k \leq 2^p - 1$, p : 符号の拘束長)において、
 i) S_k にマージする2つのパスの両パスメトリックの差 Δ を記憶
 ii) 信頼度情報 $L_k(S_k)$ に十分大きな値の初期値を代入
 iii) $j = k - p$ から $j = k - \delta$ (δ : パスメモリ長)の間で、 S_k でマージする2つのパス(生き残りパスと対抗パス)の時点 j ($e = 1, 2, \dots$)での情報シンボルが互いに異なる場合、生き残りパス上のその情報シンボルに対応する信頼度情報 L_j を
 $L_j = \min(L_j, \alpha \Delta)$, α : 定数(符号間の最大距離と伝送路の S/N とで決る)

($C = \min(a, b)$ は a と b のうち小さい方を C とする)で更新

iv) パスメモリから、復号系列とそれに対応した信頼度情報 L_j を出力

符号トレリスの例を図5Cに示す。図5Bにおいて、外符号のヴィタビ復号器14では、復号系列9とそれに対応した信頼度情報13との積に符号トレリス上の符号シンボルをかけることでシンボルメトリック(ブランチメトリック)を計算し、通常のヴィタビアルゴリズムによる復号を行い復号結果15を出力する。例えば図5Cにおいて状態 S_k に実線のパス16と17がマージし、この両パス16と17は時点 $k-5$ の状態 S_{k-5} でダイバージしたものであって、これらパス16、17の時点 $k-5$ 、 $k-3$ で情報シンボルが互いに異なっており、これらの時点 $k-5$ 、 $k-3$ で生き残りパス(この例ではパス16とする)上の情報シンボルに対応する信頼度情報 L_j の更新を前述のように行う。なお各パスに沿って付けた「+1」と「-1」はその時点での情報シンボルを示す。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のアルゴリズムでは、各状態 S_k で Δ を計算して信頼度情報 L_j を更新していくため、例えば図5Cで、状態 S'_k にマージする点線で示す2つのパス18、19の各パスメトリックが、同じ時点 k の他の状態 S'_k でマージするパス16、17の各パスメトリックと比べてともに小さく(パスメトリックが小さいということは、そのパスが符号トレリス上の正しいパスである可能性が低いこ

とを意味する)、しかもその差 Δ' が小さい場合、パスメトリックの高いパス上(図5Cのパス16上)にあり、本来は確からしいはずの情報シンボル(下線)に対応した信頼度情報が、確からしさが悪い Δ' によって更新されてしまい、実際の信頼度を反映しない可能性がでてくるという欠点がある。

【0006】以上は、連接符号を例に説明してきたが、内符号の復号過程で得られる信頼度情報の利用には、外符号の復号に限らない。例えば、移動通信において、選択ダイバーシティ受信を行う際に、その複数の伝搬経路についてのそれぞれの受信復号の選択制御のために信頼度情報 L_j を参照するなどの利用形態も考えられる。この場合、信頼度情報が復号結果の信頼度を正しく反映しているかが重要となる。上述したように、従来の手法では、復号結果の信頼度を正しく反映しない可能性がでてくるという欠点がある。

【0007】この発明の目的は、たたみ込み符号のヴィタビアルゴリズムによる復号過程において、復号結果に対応した信頼度情報を求める際に、符号トレリス上のある状態にマージする2つのパスで、パスメトリックがそれぞれ低くその差が小さいパス同志によって計算された Δ によって情報シンボルに対応した信頼度情報を更新してしまうといった問題を解決し、復号系列とその信頼度を正しく反映した信頼度情報を出力する復号方法を提供する。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明によれば、符号トレリスを終端した唯一の生き残りパスのみについて、信頼度情報の更新と、情報シンボルとその信頼度情報を出力することを実行する。請求項2の発明によれば、各時点で各生き残りパス中のパスメトリックの最も大きい生き残りパスについてのみ、信頼度情報の更新と、情報シンボルとその信頼度情報を出力することを実行する。

【0009】請求項3の発明によれば送信側で情報系列を n ビットごとに分別して、 m ビット($m < n$, m : 受信側のパスメモリ長以上)の固定パターンのダミービットを挿入し、そのダミービットが挿入された情報系列を畳み込み符号化して送信し、受信側で請求項1の発明により復号する。

【0010】

【実施例】請求項1の発明の実施例を図1を参照して説明する。この発明では符号トレリスを終端した唯一の生き残りパスのみについて信頼度情報の更新を行う。このように終端した唯一の生き残りパスを間違いなく得るために、図1Aに示すように送信側の送信情報系列21に対し適当な間隔で長さ m の固定パターン(例えばすべて-1)のダミービット22を挿入する。ダミービット22の符号長 m は受信側の復号器におけるパスメモリの長さと等しいか、これより長くする。隣接ダミービット2

2の間の情報系列21の長さnは、mより大とするが、m+nだけ復号が遅れるのであまり大とすると問題となることがある、一方、nを小にすると伝送効率が悪くなる。

【0011】受信側でダミービット22により符号トレリスが終端した生き残りパスを利用するが、伝送誤りが多く、仮りに、終端した状態がダミービット22のそれと異っている場合でも、終端すべき状態が予めわかっているから、その状態に到達したパスのパスメトリックの大きい方を、唯一の生き残りパスとして用い、そのパスについて信頼度情報の更新を行う。

【0012】例えば符号トレリス上において、図1Bに示すように、各nビットの情報ビット21とその前後のダミービット22とからなる各フレームごとに、その後端部のダミービット22によって符号トレリスを終端し、この上でヴィタビアルゴリズムを実行することにより、唯一の生き残りパスを決定する。つぎにこの生き残りパス23上の各時点kでマージする対抗パス24のパスメトリックと、時点kでのパス23のパスメトリックとの差 Δk を計算する。そしてパス24がパス23からダイバージしてからマージするまでの間で、パスブランチ上の互いの情報シンボルが異なる時点j e (e=1, 2, ...)でのパス23上の情報シンボルに対応した信頼度情報 L_j を適当な初期値 L_j から

$$L_j = \min(L_j, \alpha \Delta k), \quad \alpha: \text{定数}$$

により更新していく。この反復をフレーム内のすべてのkについて行い、最終的な L_j をそれに対応した情報シンボルの信頼度情報として出力する。例えば、接続符号の外符号の復号を行う場合には、復号結果とそれに対応した信頼度情報を用いて軟判定復号を行うことができる。

【0013】即ち図2に示すように通常のヴィタビアルゴリズムにおけるメトリックコンピュータ26で、符号トレリス上のブランチメトリック27を計算し、出力する。このブランチメトリック27と、パスメモリ28に記憶されているパスメトリック29とを用いて各状態での生き残りパスの選択、情報シンボル31の出力がACS (Add-Compare-Select) 回路32で行う。この出力された情報シンボル29はパスメモリ(符号トレリスを終端して用いるので、パスメモリ長は内符号のフレーム長)28に入り、各状態の生き残りパス、情報シンボル、マージするパス、それぞれのパスメトリックを記憶する。そして、符号系列のフレームの終わりまで来た時点で、唯一の生き残りパス上の各時点での対抗パスとのパスメトリックの差 Δ を算出し、信頼度情報を更新、記憶する。この反復を終えた時点で、1フレーム分の復号系列33とそれに対応した信頼度情報34を出力する。外符号用メトリックコンピュータ35で、その復号系列33とそれに対応した信頼度情報34及び符号トレリス上の符号シンボルをもちいてブランチメトリ

ックを計算し、ACS回路36、パスメモリ37によってヴィタビアルゴリズムによる復号を行う。

【0014】次に請求項2の発明の実施例を説明する。請求項2の発明では終端した符号トレリスを利用するものではなく、従ってダミービット22の送信は必要としない。この発明では、パスメモリ内の各生き残りパスのうち、パスメトリックの最も大きい生き残りパスを選ぶ。例えば図3Aに示すように、時点kで状態 S_k にパス41と42がマージし、状態 S'_k にパス43と44がマージしているが、その各生き残りパス41と44とでは対応するパスメトリックがパス41の方が大きいから、このパス41だけを選ぶ。つぎにこの生き残りパス41上の各時点kでマージする対抗パス42のパスメトリックと、時点kでのパス41のパスメトリックとの差 Δ'_k を計算する。そしてパス42が41からダイバージしてからマージするまでの間で、パスブランチ上の互いの情報シンボルが異なる時点j e (e=1, 2, ...)でのパス41上の情報シンボルに対応した信頼度情報 L'_j を適当な初期値 L'_j から

$$L'_j = \min(L'_j, \alpha \Delta'_k), \quad \alpha: \text{定数}$$

により更新していく。この反復をパスメモリ内のすべてのkについて行い、パスメモリより出力される情報シンボルに対応した L'_j を情報シンボルに対応した信頼度情報として出力する。例えば、接続符号の外符号の復号を行う場合には、復号結果とそれに対応した信頼度情報を用いて軟判定復号を行うことができる。

【0015】即ち、例えば図3Bに図2と対応する部分に同一符号を付けて示すように、ACS回路45において、メトリックコンピュータ26で計算されたブランチメトリック27と、パスメモリ40からのパスメトリック29とを用いて各状態での生き残りパスの選択、最大パスメトリックを持つ生き残りパスとそれにマージする対抗パスとのパスメトリックの差 Δ の算出を行い、情報シンボル31、 Δ 46及び最大パスメトリックを持つ状態番号47をパスメモリ40に出力する。パスメモリ

(パスメモリ長は、各状態の生き残りパスが時間的に古い方向へさかのぼったときに、すべてのパスがマージするのに十分な長さで、通常は拘束長の5~6倍程度が用いられる)40では、各状態の生き残りパス、情報シンボル、パスメトリックを記憶し、 Δ を用いて信頼度情報を更新、記憶する。そして、復号系列33とそれに対応した信頼度情報34を出力する。外符号用メトリックコンピュータ35で復号系列33とそれに対応した信頼度情報34及び符号トレリス上の符号シンボルをもちいてブランチメトリックを計算し、ACS回路36、パスメモリ37によってヴィタビアルゴリズムによる復号を行う。

【0016】

【発明の効果】以上述べたように請求項1の発明によれば、符号トレリス上で終端した唯一の生き残りパス(し

かも既知の状態にマージする) についてのみ、 Δ の演算をし、かつ信頼度情報の更新を行っているため、パスメトリックの低い、つまり正しいパスである可能性が低い、パス同士で計算された Δ によって信頼度情報が更新されるおそれはない。

【0017】同様に請求項 2 の発明によれば、各時点でマージするパス中のパスメトリックが最大の生き残りパスのみについて信頼度情報の更新を行うため、パスメトリックの低いパス同士で計算された Δ によって信頼度情報が更新されるおそれはない。請求項 1、2 の各発明方法を用いてシミュレーションによって接続符号の復号を行った後の誤り率特性を図 4 の曲線 51、52 にそれぞれ示す。また硬判定復号後の誤り率特性、前記文献 1 に示す手法による復号後の誤り率特性をそれぞれ参照として曲線 53、54 を示す。横軸、縦軸はそれぞれ内符号復号後の誤り率、外符号復号後の誤り率であり、内符号、外符号の符号化レートはともに $1/2$ 、拘束長はともに 7 とした。内符号復号器出力系列における誤りをランダム化するためにインタリーブを用いた。そのサイズは 40×32 とした。このシミュレーション結果から、請求項 1、2 の発明による復号を行うことによって、硬判定復号を行ったときと比べて誤り率特性が大きく改善（誤り率が、請求項 1 の復号で 2 桁程度、請求項 2 の復号で 1 桁程度）しているのがわかる。それに対して、ハーゲンウアラの手法による復号を行っても、硬判定復号に対する改善はごくわずかである。

【0018】この発明は接続符号による誤り訂正における内符号の復号過程で出力される信頼度情報を用いて外符号を軟判定復号する場合のみならず、複数の伝搬経路の受信復号を誤り訂正復号し、その復号結果を信頼度情報を用いて選択するダイバーシティ受信、その他にも適用できる。図 1 A では情報系列を分割したが、送信情報系列の最後のみダミービットを付加してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】A は請求項 1 の発明に復号方法に適する送信フレームの例を示す図、B は請求項 1 の発明による復号を行うときの符号トレリスの例を示す図である。

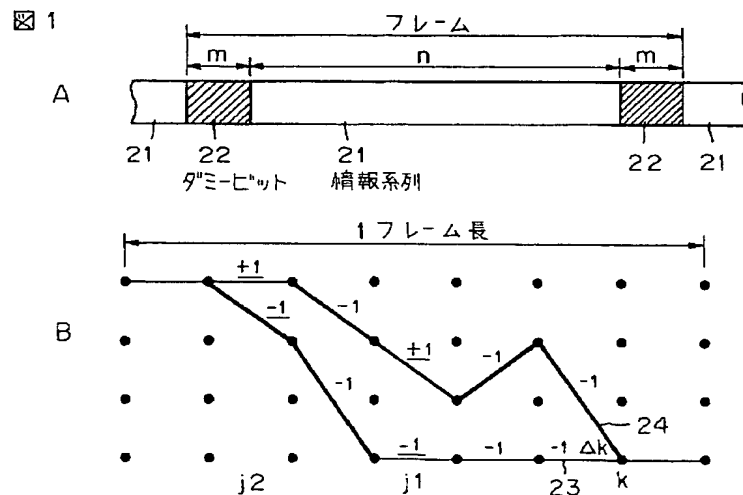
【図 2】請求項 1 の発明を適用した復号装置を示すブロック図。

【図 3】A は請求項 2 の発明による復号を行うときの符号トレリスの例を示す図、B は請求項 2 の発明を適用した復号装置を示すブロック図である。

【図 4】この発明の方法、従来の方法をそれぞれ用いた接続符号復号後の誤り率特性のシミュレーション結果を示す図。

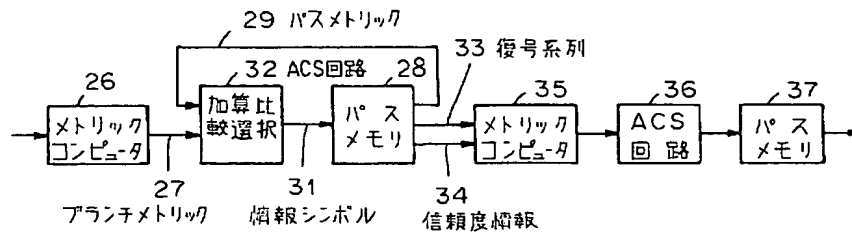
【図 5】A は接続符号による符号化送信と、その受信復号とを示すブロック図、B は接続符号の復号において、ヴィタビ復号と結果とともに信頼度情報とを出力して外符号を軟判定復号する装置を示すブロック図、C は従来法により復号を行うときの符号トレリスの例を示す図である。

【図 1】

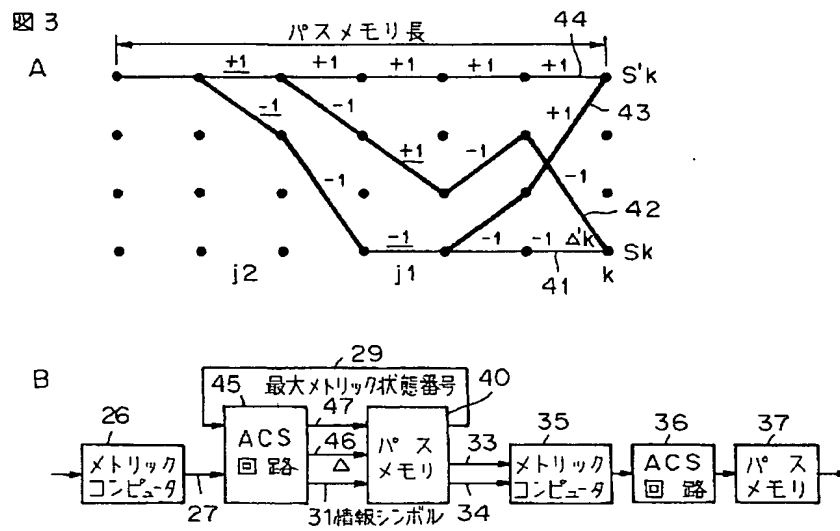


【図 2】

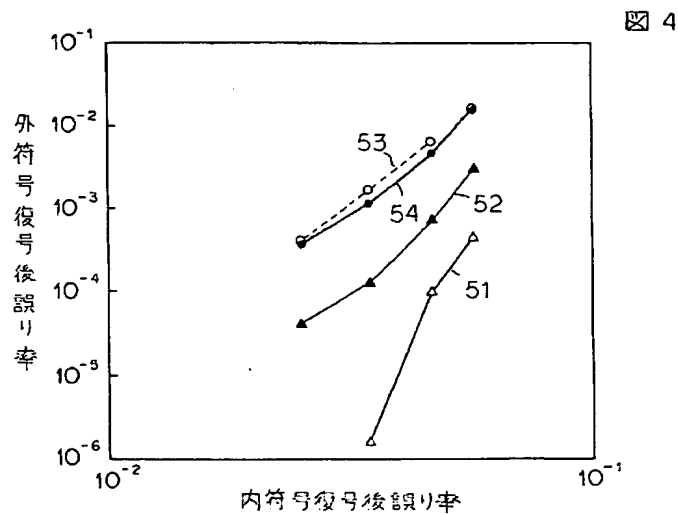
図 2



【図 3】



【図 4】



【図 5】

図 5

